

Core of solenoid actuator has core plate stack, isolator, attachment arrangement securely holding core plates and core holders rigidly together to form unified arrangement

Patent number: DE10053465

Publication date: 2001-05-03

Inventor: IKOMA KOUICHI (JP); NAKAMURA MINORU (JP); UMEMOTO ATSUSHI (JP)

Applicant: HONDA MOTOR CO LTD (JP)

Classification:

- **international:** H01F7/08; F16K31/06; F01L9/04

- **european:** H01F7/16B; F01L9/04; F16K31/06D; H01F7/08A

Application number: DE20001053465 20001027

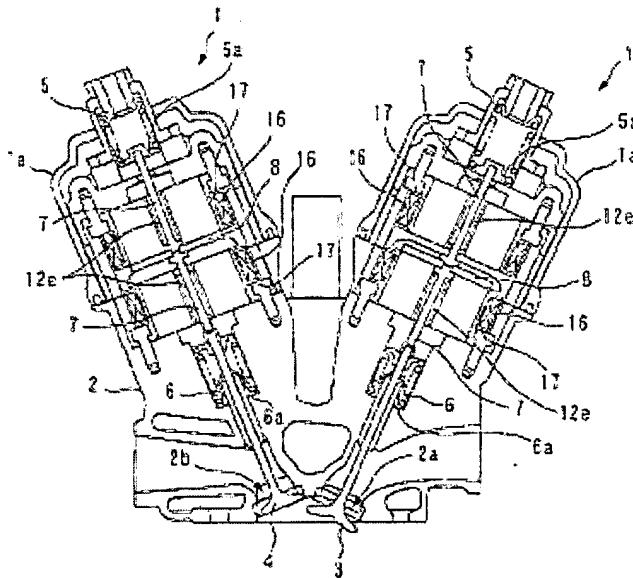
Priority number(s): JP19990306126 19991027

Also published as:

US6373361 (B1)

Abstract of DE10053465

The core has a number of core plates (14) of weakly magnetic material stacked in a defined direction orthogonal to an armature attraction direction to form magnetic circuits between the armature and core plates when the actuator is operated, two non-magnetic core holders (11,12), an isolator and an attachment arrangement (15). The attachment arrangement holds the core plates and core holders rigidly together securely to form a unified arrangement.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY



(19) BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND

DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

(12) **Offenlegungsschrift**
(10) DE 100 53 465 A 1

(51) Int. Cl. 7:
H 01 F 7/08
F 16 K 31/06
F 01 L 9/04

(21) Aktenzeichen: 100 53 465,1
(22) Anmeldetag: 27. 10. 2000
(23) Offenlegungstag: 3. 5. 2001

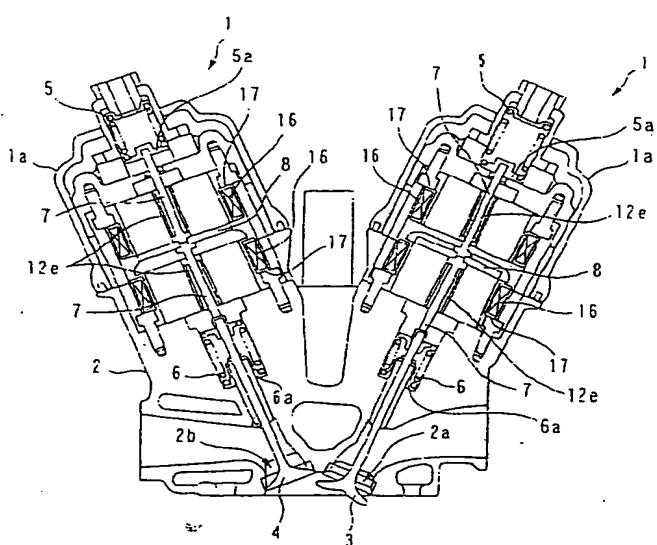
(30) Unionspriorität:
11-306126 27. 10. 1999 JP
(71) Anmelder:
Honda Giken Kogyo K.K., Tokio/Tokyo, JP
(74) Vertreter:
Weickmann & Weickmann, 81679 München

(72) Erfinder:
Umemoto, Atsushi, Wako, Saitama, JP; Ikoma,
Kouichi, Wako, Saitama, JP; Nakamura, Minoru,
Wako, Saitama, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Kern eines Solenoid-Aktuators

(55) Es wird ein Kern (10) eines Solenoid-Aktuators (1) vorgeschlagen, der eine verbesserte Haltbarkeit hat und gleichzeitig einen hohen Wirkungsgrad des Solenoid-Aktuators (1) gewährleistet. Der Kern (10) des Solenoid-Aktuators (1) zieht bei Betrieb des Solenoid-Aktuators (1) einen Anker (8) an. Eine Vielzahl von Kernplatten (14) ist aus weichmagnetischem Material gebildet und in einer vorbestimmten Richtung orthogonal zur Anziehungsrichtung des Ankers (8) geschichtet, um einen geschichteten Stapel (13) zu bilden. Bei Betrieb des Solenoid-Aktuators (1) bilden die Kernplatten (14) Magnetkreise zwischen dem Anker (8) und den Kernplatten (14) selbst. Zwei Kernhalter (11, 12), die aus nicht magnetischem Material gebildet sind, nehmen den geschichteten Stapel (13) der Vielzahl von Kernplatten (14) von entgegengesetzten Seiten entlang der vorbestimmten Richtung auf. Die Vielzahl von Kernplatten (14) ist jeweils mit einem Isolierfilm (14d) beschichtet, der jeweils zwei benachbarte Kernplatten (14) voneinander isoliert. Ferner hält eine Stange (15), die aus nicht magnetischem Material gebildet ist, die Vielzahl von Kernplatten (14) und die zwei Kernhalter (11, 12) zu einer einheitlichen Anordnung starr zusammen.



DE 100 53 465 A 1

BEST AVAILABLE COPY

Beschreibung

Diese Erfindung betrifft einen Kern eines Solenoid-Aktuators zum elektromagnetischen Antrieb eines angetriebenen Elements, und insbesondere vielschichtigen Kern, der aus einem geschichteten Stapel einer Vielzahl von Magnetplatten gebildet ist.

Ein herkömmlicher Solenoid-Aktuator dieser Art wurde z. B. in der japanischen Patentoffenlegungsschrift (Kokai) Nr. 11-273945 vorgeschlagen, der bei einem Ventilbetätigungsmechanismus zum Öffnen/Schließen eines Ventils (Gasaustauschventils) einer Brennkraftmaschine angewendet wird und einen Anker sowie einen oberen und einen unteren Elektromagneten zum vertikalen Anziehen des Ankers enthält.

Jeder der Elektromagneten enthält einen Kern, der einen E-förmigen Querschnitt aufweist. Die vertieften Abschnitte des E-förmigen Kerns dienen als Wicklungsnot, die dem Anker gegenüberliegt und eine Wicklung aufnimmt. Der Kern ist eine einheitliche Anordnung, gebildet aus einem mittleren Kernelement und einer Vielzahl von Schichten, die auf entgegengesetzte Seiten des Kernelements gestapelt sind. Das mittlere Kernelement ist aus Siliciumstahl gebildet, das eine größere Dicke als jede Schicht hat und in Seitenansicht E-förmig ist. Die Schichten sind jeweils aus einem weichmagnetischen Verbundmaterial gebildet, das die gleiche Form und Größe wie die Seitenfläche des Kernelements hat, und sie sind, wie oben beschrieben, auf die entgegengesetzten Seiten des Kernelements gestapelt. Das mittlere Kernelement und die Vielzahl von Schichten sind zur Bildung der einheitlichen Komponente miteinander verschweißt. Die Endflächen des mittleren Kernelements und der dem Anker gegenüberliegenden Schichten bilden eine flache Anziehungsfläche zur Aufnahme des daran magnetisch angezogenen Ankers. Der Grund dafür, warum der Kern (der geschichtete Kern) mit der oben beschriebenen vielschichtigen Konstruktion verwendet wird, ist, dass sich ein Kernverlust während der Erregung des Elektromagneten im Vergleich zu einem massiven Kern reduzieren lässt, um hierdurch eine hohe Energieeffizienz zu gewährleisten.

Der Anker ist über einen Schaft mit dem Ventil verbunden, und beim Betrieb des Solenoidaktuators wird der Anker abwechselnd von dem oberen und unteren Elektromagneten angezogen, damit das Ventil vertikal hin- und herbewegend öffnet und schließt. Der Anker, der bei Betrieb des Solenoid-Aktuators von dem oberen und unteren Elektromagneten angezogen wird, wird in Anlage mit den Anziehungsflächen der Kerne der Elektromagneten gebracht.

Daher leiden die obigen herkömmlichen Kerne des Solenoid-Aktuators an dem Problem, dass der Aufprall bei der Anlage des Ankers an jeden Kern bei Betrieb des Solenoid-Aktuators Brüche an den Verschweißungen verursachen kann, was eine Verformung und einen Bruch der Schichtanordnungen verursacht, was zu einer Fehlfunktion des Solenoid-Aktuators führt. Ferner erzeugen die Schichten an entgegengesetzten Enden des Kerns, die aus dem weichmagnetischen Material gebildet sind, Magnetfelder zwischen weichmagnetischen Komponenten um den Kern herum und sich selbst, während der Elektromagnet erregt wird, wodurch ein Teil der Energie des Elektromagneten verloren geht.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, einen Kern eines Solenoid-Aktuators anzugeben, der eine verbesserte Haltbarkeit hat und gleichzeitig eine hohe Energieeffizienz des Solenoid-Aktuators gewährleistet.

Zur Lösung der Aufgabe wird erfahrungsgemäß ein Kern eines Solenoid-Aktuators zum Anziehen eines Ankers bei Betrieb des Solenoid-Aktuators vorgeschlagen, umfassend:

eine Vielzahl von Kernplatten, die aus weichmagnetischem Material hergestellt und in einer vorbestimmten Richtung orthogonal zu einer Anziehungsrichtung des Ankers zur Bildung eines geschichteten Staps gestapelt sind, um bei Betrieb des Solenoid-Aktuators Magnetkreise zwischen dem Anker und den Kernplatten selbst zu bilden; zwei Kernhalter, die aus nicht magnetischem Material gebildet sind, um den geschichteten Stapel aus der Vielzahl von Kernplatten von entgegengesetzten Seiten entlang der vorbestimmten Richtung aufzunehmen; einen Isolator, der zwischen jeweils zwei benachbarten der Vielzahl von Kernplatten angeordnet ist, um die jeweiligen zwei benachbarten der Kernplatten voneinander zu isolieren; und Befestigungsmittel, die die Vielzahl von Kernplatten und die zwei Kernhalter unter Bildung einer einheitlichen Anordnung starr aneinander schieben.

Bei diesem Kern (einschließlich einem Joch, das einen Magnetkreis zwischen dem Anker und dem Joch selbst bildet) eines Solenoid-Aktuators ist ein Stapel der Vielzahl von Kernplatten, die zwischen den zwei Kernhaltern aufgenommen sind, durch Befestigungsmittel zur Bildung eines geschichteten Staps festgestellt. Die Vielzahl von Kernplatten ist in einer vorbestimmten Richtung orthogonal zur Anziehungsrichtung des Ankers gestapelt, und zwar in einem Zustand, in dem sie durch die Isolatoren voneinander isoliert sind, wobei, während des Betriebs des Solenoid-Aktuators, ein Magnetkreis zwischen jeder Kernplatte und dem Anker gebildet wird, und gleichzeitig in jeder Kernplatte ein Wirbelstrom erzeugt wird. Da jedoch der erfahrungsgemäß Kern durch die Vielzahl von Kernplatten gebildet ist, die jeweils dünner sind als ein normaler massiver Kern, löst sich der in jeder Kernplatte erzeugte Wirbelstrom schneller auf als im massiven Kern. Da jedoch die zwei Kernhalter an den entgegengesetzten Enden des Kerns aus dem nicht magnetischen Material gebildet sind, entstehen nicht leicht Magnetfelder zwischen dem Kern und den weichmagnetischen Komponenten um den Kern herum, während der Solenoid-Aktuator arbeitet, was zu einer Minderung des Energieverlusts beiträgt. Daher bietet der erfahrungsgemäß Kern eine hohe Energieeffizienz des Solenoid-Aktuators. Ferner braucht die Vielzahl von Kernplatten lediglich in der vorbestimmten Richtung aufeinander gestapelt werden und in einem Zustand, in dem sie zwischen zwei Kernhaltern aufgenommen ist, durch die Befestigungsmittel festgestellt werden, um den geschichteten Stapel zu bilden. Dies ermöglicht eine einfache Konstruktion des Kerns als des herkömmlichen geschichteten Kerns, was zu einer Minderung der Herstellungskosten beiträgt.

Bevorzugt haben die zwei Kernhalter Endflächen, mit denen der von der Vielzahl von Kernplatten angezogene Anker in Anlage gebracht wird, während der Solenoid-Aktuator arbeitet, und wobei die Endflächen der zwei Kernhalter derart angeordnet sind, dass die Endflächen der zwei Kernhalter mit ankerseitigen Endflächen des geschichteten Staps der Vielzahl von Kernplatten fluchten oder dem Anker näher sind als die ankerseitigen Endflächen des geschichteten Staps.

Nach dieser bevorzugten Ausführung wird bei Betrieb des Solenoid-Aktuators der von der Vielzahl von Kernplatten angezogene Anker gleichzeitig mit der Vielzahl der Kernplatten und den zwei Kernhaltern in Anlage gebracht, oder in Anlage mit den zwei Kernhaltern allein, ohne mit der Vielzahl von Kernplatten in Kontakt gebracht zu werden. Daher kann ein Teil oder Großteil des von der Anlage des Ankers an dem Kern verursachten Aufstoßes von den Kernhaltern aufgenommen werden. Insbesondere wenn der Anker in Anlage mit den zwei Kernhaltern allein gebracht wird, ohne in Kontakt mit der Vielzahl von Kernplatten ge-

bracht zu werden, kann der Großteil des Aufpralls von den Kernhaltern aufgenommen werden. Hierdurch lässt sich ein Bruch der Kernplatten auch dann verhindern, wenn sie dünn ausgeführt sind, was die Haltbarkeit der Kernplatten verbessert.

Die obigen und andere Aufgaben, Merkmale und Vorteile der Erfindung werden aus der folgenden detaillierten Beschreibung in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen näher ersichtlich.

Fig. 1 ist eine Schnittansicht eines Ventilbetätigungsmechanismus einer Fahrzeugmaschine, der einen Solenoid-Aktuator mit Kernen nach einer Ausführung aufweist;

Fig. 2 ist eine Perspektivansicht des Solenoid-Aktuators von **Fig. 1**;

Fig. 3 ist eine Explosionsperspektivansicht des Solenoid-Aktuators von **Fig. 2**;

Fig. 4A ist eine Perspektivansicht eines Kerns des Solenoid-Aktuators von **Fig. 3**;

Fig. 4B ist eine Schnittansicht entlang Linie A-A von **Fig. 4A**;

Fig. 5 ist eine Explosionsperspektivansicht des in den **Fig. 4A** und **4B** gezeigten Kerns;

Fig. 6A ist eine Perspektivansicht einer Kernplatte als Komponente des in den **Fig. 4A** und **4B** gezeigten Kerns;

Fig. 6B ist eine Perspektivansicht der entgegengesetzten Seite der Kernplatte von **Fig. 6A**;

Fig. 6C ist eine Draufsicht der Kernplatte;

Fig. 7A ist eine Perspektivansicht eines Verbinders und eines Ankers des Solenoid-Aktuators von **Fig. 2**;

Fig. 7B ist eine Draufsicht des Verbinders und des Ankers von **Fig. 7A**;

Fig. 8A ist eine Perspektivansicht von Spulen, die jeweils deren zugeordnete Komponenten tragen, und eines Verbinders des Solenoid-Aktuators von **Fig. 2** vor dem Zusammenbau;

Fig. 8B ist eine Perspektivansicht der Spulen, die jeweils deren zugeordnete Komponenten tragen, und des Verbinders des Solenoid-Aktuators von **Fig. 2** nach dem Zusammenbau;

Fig. 9 ist eine Ansicht zur Erläuterung der Richtungen von Wirbelstromflüssen in den Kernplatten und von Richtungen der Magnetflüsse zwischen den Kernplatten und dem Anker bei Betrieb des Solenoid-Aktuators;

Fig. 10A ist eine Vorderansicht eines Zustands, in dem der Anker von einem Elektromagneten bei Betrieb des Solenoid-Aktuators angezogen ist und an dem Kern anliegt; und

Fig. 10B ist eine vergrößerte Ansicht eines wesentlichen Abschnitts von **Fig. 10A**.

Die Erfindung wird nun im Detail anhand der Zeichnungen beschrieben, die eine Ausführung davon zeigen. In der Ausführung wird der Solenoid-Aktuator mit erfundungsge-mäßen Kernen bei einem Ventilbetätigungsmechanismus einer nicht gezeigten Fahrzeugmaschine angewendet, die pro Zylinder vier Ventile aufweist.

Zuerst zu **Fig. 1**. Der Ventilbetätigungsmechanismus umfasst ein Paar von Solenoid-Aktuatoren **1**, **1**, die in einem Zylinderkopf **2** der Fahrzeugmaschine angebracht sind. Bei Betrieb der Maschine treibt der Solenoid-Aktuator **1**, der gemäß der Figur an der rechten Seite angeordnet ist, zwei Einlassventile **3**, **3** (von denen in der Figur nur eines gezeigt ist) an, um hierdurch zwei Einlassöffnungen **2a**, **2a** (von denen in der Figur nur eine gezeigt ist) der Maschine zu öffnen und zu schließen, während der Solenoid-Aktuator **1**, der in der Figur an der linken Seite angeordnet ist, zwei Auslassventile **4**, **4** (von denen in der Figur nur eines gezeigt ist) antreibt, um hierdurch zwei Auslassöffnungen **2b**, **2b** (von denen in der Figur nur eine gezeigt ist) derselben zu öffnen und zu schließen.

Diese zwei Solenoid-Aktuatoren **1**, **1** sind in der Konstruktion miteinander identisch, so dass die folgende Beschreibung als Beispiel anhand des rechten Solenoid-Aktuators **1** zum Antrieb der Einlassventile **3** erfolgt. Zum Zwecke der Beschreibung beziehen sich die Seiten, die in **Fig. 2** mit **B** und **B'** eines Doppelpfeils **B-B'** bezeichnet sind, auf die "Vorderseite" bzw. "Rückseite", während die Seiten, die mit **C** und **C'** eines Doppelpfeils **C-C'** angegeben sind, sich auf die "linke" Seite bzw. die "rechte" Seite beziehen.

Wie in den **Fig. 1** bis **3** gezeigt, sind die vorderen und hinteren Hälften des Solenoid-Aktuators **1** in Vorwärts-rückwärts-Richtung symmetrisch zueinander aufgebaut, und die zwei Einlassventile **3**, **3** werden von den jeweiligen vorderen und hinteren Hälften des Solenoid-Aktuators **1** angetrieben. Insbesondere umfasst der Solenoid-Aktuator **1** ein Gehäuse **1a** (siehe **Fig. 1**), das in dem Zylinderkopf **2** angebracht ist, einen oberen und einen unteren Elektromagneten **1b**, **1b**, die mit einem vorbestimmten Abstand dazwischen in dem Gehäuse **1a** angeordnet sind, zwei Anker **8**, **8**, die in einem Zwischenraum zwischen dem oberen und dem unteren Elektromagneten **1b**, **1b** vertikal verschiebbar angeordnet sind, zwei obere Schraubenfedern **5**, **5** (von denen in **Fig. 1** nur eine gezeigt ist) zum konstanten Spannen der jeweiligen Anker **8**, **8** nach unten, und zwei untere Schraubenfedern **6**, **6** (von denen in der Figur nur eine gezeigt ist) zum konstanten Spannen der jeweiligen Anker **8**, **8** nach oben.

Die Anker **8** sind rechteckige Platten, die jeweils aus weichmagnetischem Material (z. B. Stahl) gebildet sind und die ein rundes Durchgangsloch **8a** aufweisen, das deren Mitte vertikal durchsetzt, wie in den **Fig. 7A** und **7B** gezeigt. Jeder der Anker **8** besitzt eine linke und eine rechte Endfläche, die mit Ankerführungen **21** von Verbindern **18** in Kontakt gehalten wird, auf die nachfolgend Bezug genommen wird. Der Anker **8** bewegt sich vertikal derart, dass er von den Ankerführungen **21** geführt wird. Ferner sind mit dem Anker **8** obere und untere Schäfte **7**, **7** verbunden, die im Querschnitt rund sind und die aus nichtmagnetischem austenitischem rostfreiem Stahl gebildet sind. Das Oberende des unteren Schafts **7** und das Unterende des oberen Schafts **7** sind in das runde Durchgangsloch **8a** des Ankers **8** eingesetzt. Der Anker **8** wird sandwichartig von an den oberen und unteren Schäften **7**, **7** ausgebildeten Flanschen **7a**, **7a** an Stellen gehalten, die den Unter- und Oberenden der jeweiligen oberen und unteren Schäfte **7**, **7** benachbart sind.

Der untere Schaft **7** erstreckt sich vertikal durch eine Führung **12e** eines mittleren Kernhalters **12**, auf den später Bezug genommen wird, des unteren Elektromagneten **1b**, und das Unterende des unteren Schafts **7** ist mit dem Oberende des Einlassventils **3** verbunden. Ähnlich erstreckt sich der obere Schaft **7** vertikal durch eine Führung **12e** eines mittleren Kernhalters **12** des oberen Elektromagneten **1b**. Der obere Schaft **7** wird mit der oberen Schraubenfeder **5** über ein Federsitzelement **5a** in Kontakt gehalten, das am Oberende des oberen Schafts **7** angebracht ist. Die jeweiligen Schäfte **7** werden durch die Führungen **12e** geführt, wenn sich der Anker **8** vertikal bewegt. Das Einlassventil **3** wird mit der unteren Schraubenfeder **6** über ein Federsitzelement **6a** in Kontakt gehalten, das am Oberende des Einlassventils **3** angebracht ist.

Wie in den **Fig. 2** und **3** gezeigt, ist der obere mit dem unteren Elektromagnet **1b**, **1b** über die Führungsverbinder **18** verbunden, auf die nachfolgend Bezug genommen wird. Die Elektromagnete **1b**, **1b** sind in der Konstruktion miteinander identisch und sind vertikal symmetrisch zueinander angeordnet, wobei die Führungsverbinder **18** zwischen ihnen angeordnet sind. Im Folgenden wird als Beispiel der untere Elektromagnet **1b** beschrieben.

Der untere Elektromagnet **1b** umfasst einen Kern **10** und

zwei Wicklungen 16, 16, die in jeweiligen Wicklungsnuten 10a, 10a in dem Kern 10 aufgenommen sind (siehe Fig. 3). Wie in den Fig. 4A, 4B und 5 gezeigt, ist der Kern 10 eine einheitliche Anordnung, die durch die Kombination dreier Kernhalter gebildet ist, d. h. linker und rechter Kernhalter 11, 11 und einem mittleren Kernhalter 12, sowie linken und rechten geschichteten Stapeln 13, 13 von Kernplatten 14 durch vier Stangen 15 (Befestigungsmittel).

Die linken und rechten Kernhalter 11, 11 sind jeweils, ähnlich den Schäften 7, aus austenitischem rostfreiem Stahl gebildet. Die zwei Kernhalter 11, 11 sind in der Konstruktion miteinander identisch und sind in Links-rechts-Richtung symmetrisch einander gegenüberliegend angeordnet. Im Folgenden wird als Beispiel der linke Kernhalter 11 beschrieben. Der linke Kernhalter 11 ist ein einheitliches kammförmiges Element, gebildet aus einem Basisabschnitt 11a, der sich in Vorwärts-rückwärts-Richtung erstreckt, und fünf Halterabschnitten 11b, die jeweils eine haarkammartige Form haben und sich von dem Basisabschnitt 11a auf eine vorbestimmte Höhe nach oben erstrecken, so dass sie in Vorwärts-rückwärts-Richtung mit Abstand voneinander angeordnet sind.

Jeder der fünf Halterabschnitte 11b hat einen rechteckigen Querschnitt, und seine rechte Seitenfläche fluchtet mit der rechten Seitenfläche des Basisabschnitts 11a. Andererseits steht die linke Seitenfläche des mittleren Halterabschnitts 11b in Bezug auf die linke Seitenfläche des Basisabschnitts 11a nach außen oder nach links vor, die linken Seitenflächen der jeweiligen vorderen und hinteren Halterabschnitte 11b, 11b fluchten mit jenen des Basisabschnitts 11a, und jene der inneren Halterabschnitte 11b, 11b, die zwischen dem mittleren Halterabschnitt 11b und den jeweiligen vorderen und hinteren Halterabschnitten 11b, 11b ausgebildet sind, sind von dem Basisabschnitt 11a ein wenig einwärts oder nach rechts rückversetzt. Anzumerken ist, dass der mittlere Halterabschnitt 11b durch Integration eines Abschnitts gebildet ist, der von dem Basisabschnitt 11a nach außen oder nach links vorsteht.

In jeweils vorbestimmten Abschnitten des Basisabschnitts 11a sind vier Durchgangslöcher 11c ausgebildet, die sich in Links-rechts-Richtung erstrecken und deren linke Öffnung abgeschrägt ist. Ferner ist die Oberseite der vorderen und hinteren Halterabschnitte 11b mit einem nach oben offenen runden Loch 11e ausgebildet, und der mittlere Halterabschnitt 11b ist mit einem sich vertikal erstreckenden Durchgangsloch 11f ausgebildet.

Der mittlere Kernhalter 12 ist auch aus dem gleichen austenitischen rostfreien Stahl wie der Kernhalter 11 gebildet. Der mittlere Kernhalter 12 erstreckt sich in Vorwärts-rückwärts-Richtung und hat die gleiche Länge in dieser Richtung wie der Kernhalter 11. Ferner hat der mittlere Kernhalter 12 in Seitenansicht eine kammartige Form, im Wesentlichen gleich der Form des Kernhalters 11. Der mittlere Kernhalter 11 ist gebildet, indem zwei Halterelemente 12X, 12X in Vorwärts-rückwärts-Richtung miteinander verbunden sind, und besitzt entgegengesetzte flache Seitenflächen. Jedes der Halterelemente 12X hat im Querschnitt eine E-Form und hat einen Basisabschnitt 12a, der sich in Vorwärts-rückwärts-Richtung erstreckt, sowie drei Halterabschnitte 12b, 12b, 12b, die integral mit dem Basisabschnitt 12e ausgebildet sind und sich jeweils von den Vorder- und Hinterenden eines mittleren Abschnitts des Basisabschnitts 12a nach oben erstrecken. Der Basisabschnitt 12a ist von zwei Durchgangslöchern 12c, 12c durchsetzt, die sich in Links-rechts-Richtung erstrecken. Die vorderen und hinteren Halterabschnitte 12b, 12b sind in der Höhe mit den Halterabschnitten 11b des Kernhalters 11 identisch, und der mittlere Halterabschnitt 12b ist niedriger als die anderen Halterabschnitte

12b, 12b. Dies ermöglicht, dass die Oberseite des mittleren Halterabschnitts 12b als Vertiefung zur Aufnahme des Flanschs 7a des Schafts 7 dient, wenn der Anker 8 in Anlage mit dem Kern 10 gebracht wird (siehe Fig. 1).

- 5 Ferner ist der mittlere Halterabschnitt 12b von einem sich vertikal erstreckenden Durchgangsloch 12d durchsetzt, in das die hohle zylindrische Führung 12e (siehe Fig. 1) eingesetzt ist, um die vertikale Gleitbewegung des Schafts 7 zu führen.
- 10 Der mittlere Kernhalter 12 ist gebildet durch Verbinden des vorderen Halterabschnitts 12b eines der wie oben konstruierten Halterelemente 12X, 12X mit dem hinteren Halterabschnitt 12b des anderen. Die zwei Halterabschnitte 12b, 12b, die zur Bildung des mittleren Abschnitts des mittleren Kernhalters 12 miteinander verbunden sind, liegen dem mittleren Halterabschnitt 11b des Kernhalters 11 gegenüber. Ähnlich sind die gegenüberliegenden vorderen und hinteren Halterabschnitte 12b, 12b des mittleren Kernhalters 12, anders als die den mittleren Abschnitt bildenden Halterabschnitte 12b, 12b, jeweils gegenüber den vorderen und hinteren Halterabschnitten 11b, 11b des Kernhalters 11 angeordnet, während die mittleren Halterabschnitte 12b, 12b jeweils den inneren Halterabschnitten 11b, 11b gegenüberliegen. Ferner haben die vier Durchgangslöcher 12c den gleichen Durchmesser wie die vier Durchgangslöcher 11c, die den Kernhalter 11 durchsetzen, und liegen jeweils dem entsprechenden der vier Durchgangslöcher 11c gegenüber.

Die geschichteten Stapel 13 sind jeweils aus einem Paar geschichteter Stapel 13X, 13X aus Kernplatten 14 aufgebaut, die in Vorwärts-rückwärts-Richtung angeordnet sind. Jeder geschichtete Stapel 13X aus Kernplatten 14 ist durch Schichtungen einer vorbestimmten Anzahl von Kernplatten 14 ausgebildet, deren eine in den Fig. 6A bis 6C gezeigt ist, in Links-rechts-Richtung. Jede Kernplatte 14 ist aus einer dünnen nichtorientierten Siliziumstahlplatte gebildet, und ihre gesamte Oberfläche ist mit einem Isoliermaterial (Isoliermaterial) 14d beschichtet, z. B. aus Epoxyharz.

- 30 Die geschichteten Stapel 13 sind jeweils aus einem Paar geschichteter Stapel 13X, 13X aus Kernplatten 14 aufgebaut, die in Vorwärts-rückwärts-Richtung angeordnet sind. Jeder geschichtete Stapel 13X aus Kernplatten 14 ist durch Schichtungen einer vorbestimmten Anzahl von Kernplatten 14 ausgebildet, deren eine in den Fig. 6A bis 6C gezeigt ist, in Links-rechts-Richtung. Jede Kernplatte 14 ist aus einer dünnen nichtorientierten Siliziumstahlplatte gebildet, und ihre gesamte Oberfläche ist mit einem Isoliermaterial (Isoliermaterial) 14d beschichtet, z. B. aus Epoxyharz.
- 35 Benachbarte Kernplatten 14 sind durch die Isolierfilme 14d voneinander isoliert. Ferner ist die Kernplatte 14 so ausgebildet, dass sie im Wesentlichen die gleiche E-Form und Größe wie die Seitenfläche des Halterelements 12X aufweist, und zwar durch Stanzen einer nichtorientierten Siliziumstahlplatte. Insbesondere umfasst die Kernplatte 14 einen Basisabschnitt 14a, der sich in Vorwärts-rückwärts-Richtung erstreckt, sowie drei Magnetweg-bildende Abschnitte 14b, 14b, 14b, die jeweils von den Vorder- und Rückenden und dem mittleren Abschnitt des Basisabschnitts 14a nach oben vorstehen, wobei der Basisabschnitt 14a mit zwei Durchgangslöchern 14c, 14c ausgebildet ist, die sich in der Links-rechts-Richtung öffnen.

Die drei Magnetweg-bildenden Abschnitte 14b haben identische Höhen und sind niedriger als die vorderen und hinteren Halterabschnitte 12b des mittleren Kernhalters 12 um eine vorbestimmte Höhe (z. B. gleich oder kleiner als 20 µm), so dass die Oberseite 13a (Endfläche) des geschichteten Stapels 13X niedriger ist als eine Unterseite 11d des Kernhalters 11 und eine Oberseite 12f des mittleren Kernhalters 12 (siehe Fig. 10). Die entsprechenden Durchgangslöcher 14c der jeweiligen Kernplatten 14 gehen ineinander über unter Bildung eines Durchgangslochs, das sich in Links-rechts-Richtung durch den geschichteten Stapel 13X hindurchstreckt. Ferner sind die Durchgangslöcher 14c im Durchmesser identisch mit dem entsprechenden Durchgangsloch 11c des Kernhalters 11 und dem entsprechenden Durchgangsloch 12c des Kernhalters 12 und sind konzentrisch zu den entsprechenden Durchgangslöchern 11c und 12c angeordnet. Ferner ist der Basisabschnitt 14a mit zwei Vorsprüngen 14e, 14e an entgegengesetzten Stellen etwas

seitlich außerhalb der jeweiligen Durchgangslöcher 14c, 14c ausgebildet. Jeder Vorsprung 14e hat in Draufsicht eine V-Form und steht von dem Basisabschnitt 14a nach rechts vor, und in einer Rückseite jedes Vorsprungs 14e ist eine Vertiefung 14f ausgebildet.

Die Vorsprünge 14e einer Kernplatte 14 sind jeweils in die entsprechende Vertiefung 14f der anderen rechts benachbarten Kernplatte 14 eingesetzt, wodurch die Kernplatten 14 alle in einem eng gestapelten Zustand gehalten werden. Ferner ist die Kernplatte 14, die am rechten Ende des geschichteten Stapels 13X angeordnet ist, nicht mit den Vorsprüngen 14e und Vertiefungen 14f ausgebildet, sondern nur mit horizontalen rechteckigen Langlöchern, nicht gezeigt, in die die jeweiligen entsprechenden Vorsprünge 14e der links benachbarten Kernplatte 14 eingesetzt sind. Daher ist die rechte Endseite des geschichteten Stapels 13X flach, so dass sie in engem Kontakt mit dem mittleren Kernhalter 12 oder dem rechten Kernhalter 11 steht.

Jede der Stangen 15 ist eine runde Stange, deren Durchmesser ein wenig kleiner ist als die Durchgangslöcher 11c, 12c, 14c. Die Stangen 15 sind jeweils durch die entsprechenden Durchgangslöcher 11c, 12c, 14c eingesetzt und erstrecken sich in Links-rechts-Richtung. Die rechten und linken Endabschnitte jeder Stange 15, die jeweils von den Durchgangslöchern 11c, 11c vorstehen, sind an den äußeren Endseiten der jeweiligen Basisabschnitte 11a der linken und rechten Kernhalter 11 gestaucht. Daher ist der linke geschichtete Stapel 13 zwischen dem linken Kernhalter 11 und dem mittleren Kernhalter 12 aufgenommen, während der rechte geschichtete Stapel 13 zwischen dem mittleren Kernhalter 12 und dem rechten Kernhalter 11 aufgenommen ist, wodurch diese Elemente starr aneinander gesichert sind, um den Kern 10 zu bilden.

Die Wicklungen 16, 16 sind jeweils so ausgebildet, dass sie eine horizontal langgestreckte ringförmige oder toroidartige Form haben und mit Spulen 17, 17 zu einer einheitlichen Anordnung zusammengebaut sind. Jede Spule 17 ist aus Kunstharz gebildet und hat eine Wand mit U-förmigem Querschnitt zur Aufnahme einer entsprechenden Wicklung 16, 16 darin. Die Spulen 17, 17 sind in den jeweiligen zwei Wicklungsnoten 10a, 10a aufgenommen. Jede Wicklungsnot 10a ist durch die Halterabschnitte 11b der Kernhalter 11, die Halterabschnitte 12b des mittleren Kernhalters 12 und die Magnetweg-bildenden Abschnitte 14b der Kernplatten 14 begrenzt. Jede der Wicklungen 16, 16 ist in der ringförmigen Wicklungsnot 10a derart aufgenommen, dass sie die innerhalb der ringförmigen Wicklungsnot 10a angeordneten Elemente umschließt, d. h. die inneren Halteabschnitte 11b der gegenüberliegenden Kernhalter 11, den mittleren Halterabschnitt 12b des mittleren Kernhalters 12 und die mittleren Magnetweg-bildenden Abschnitte 14b.

Wie in den Fig. 8A und 8B gezeigt, umfasst die Spule 17 obere und untere Ränder 17a, 17a, einen Anschlussabschnitt 17b, der von dem linken Ende des oberen Rands 17a nach links vorsteht, ein Paar vorderer und hinterer Anschlüsse 17c, 17c, die von dem Anschlussabschnitt 17b nach oben vorstehen, sowie ein Paar V-förmiger Metallverbinder 17d, 17d, die mit den Anschlüssen 17c, 17c verbunden sind. Die vorderen und hinteren Anschlüsse 17c, 17c sind jeweils aus einer elektrisch leitfähigen Metallplatte gebildet und derart angeordnet, dass ihre Hauptebenen zueinander parallel und in Vorwärts-rückwärts-Richtung gegenüberliegend angeordnet sind. Die Wicklung 16 ist um die Spule 17 zwischen den oberen und unteren Rändern 17a, 17a herumgewickelt, und die Enden der Wicklung 16 sind jeweils mit den Metallverbindern 17d, 17d verbunden, um eine elektrische Verbindung mit den jeweiligen zwei Anschlüssen 17c, 17c herzustellen.

Der untere Elektromagnet 1b ist wie oben aufgebaut, und der obere Elektromagnet 1b ist in der Konstruktion identisch mit dem unteren Elektromagnet 1b. Ferner sind, wie in den Fig. 2, 3 und 7A, 7B gezeigt, der obere und der untere Elektromagnet 1b, 1b durch ein Paar linker und rechter Verbinder 18, 18 miteinander verbunden. Die zwei Verbinder 18, 18 sind in Links-rechts-Richtung symmetrisch einander gegenüberliegend angeordnet. Jeder der Verbinder 18 ist aus austenitischem rostfreiem Stahl gebildet und erstreckt sich in der Vorwärts-rückwärts-Richtung derart, dass er die gleiche Länge wie der Kernhalter 11 hat. Der Verbinder 18 hat in Draufsicht im Wesentlichen die gleiche Form wie der Kernhalter 11. Insbesondere umfasst der Verbinder 18 einen Basisabschnitt 18a, der sich in der Vorwärts-rückwärts-Richtung erstreckt, sowie einen Vorsprung 18b, der integral mit dem Basisabschnitt 18a gebildet ist und von dem zentralen Abschnitt desselben nach außen vorsteht.

Der Vorsprung 18b ist mit einem vertikalen Durchgangsloch 18c ausgebildet, dessen Durchmesser identisch mit dem Durchgangsloch 11f des mittleren Halterabschnitts 11b des Kernhalters 11 ist und der konzentrisch zu diesem angeordnet ist.

Der Basisabschnitt 18a ist in der Höhe identisch mit dem Vorsprung 18b und hat runde Löcher 18d, 18d, die jeweils in den entgegengesetzten Endabschnitten seiner Oberseite ausgebildet sind, sowie runde Löcher 18d, 18d, die jeweils in entgegengesetzten Endabschnitten seiner Unterseite ausgebildet sind. Jedes runde Loch 18d ist im Durchmesser identisch und konzentrisch zu dem entsprechenden runden Loch 11e des Kernhalters 11. In jedes der runden Löcher 18d ist die Hälfte eines Stifts 19 in Form einer runden Stange eingesetzt, die aus austenitischem rostfreiem Stahl gebildet ist, und die andere Hälfte des Stifts 19 ist in das runde Loch 11e eingesetzt, wodurch die oberen und unteren Kerne 10, 10 über die Verbinder 18, 18 miteinander gekoppelt sind.

Ferner sind an der Oberseite des Basisabschnitts 18a vordere und hintere Wicklungsschutz-Pufferplatten 20, 20 angeordnet (siehe Fig. 3). Die Wicklungsschutz-Pufferplatten 20, 20 sind von der Form her miteinander identisch und sind in Vorwärts-rückwärts-Richtung symmetrisch angeordnet, so dass nachfolgend als Beispiel nur die vordere Wicklungsschutz-Pufferplatte 20 beschrieben wird. Die vordere Wicklungsschutz-Pufferplatte 20 ist aus Kunstharz gebildet und hat eine geringere Breite in Links-rechts-Richtung als der Basisabschnitt 18a. Ferner ist die Pufferplatte 20 mit entgegengesetzten Endvorsprüngen 20a und einem mittleren Vorsprung 20b ausgebildet, die von ihrer Unterseite vertikal (in diesem Beispiel nach unten) vorstehen. Der Basisabschnitt 18a besitzt zwei Nuten 18e und ein Loch 18g, das an jeweiligen vorbestimmten Stellen an dem vorderen Abschnitt seiner Oberseite ausgebildet ist, und die zwei entgegengesetzten Endvorsprünge 20a sind in die zwei Nuten 18e eingesetzt, und der mittlere Vorsprung 20b ist in das Loch 18g eingesetzt, wodurch die vordere Wicklungsschutz-Pufferplatte 20 an dem Basisabschnitt 18a angebracht wird. Die hintere Wicklungsschutz-Pufferplatte 20 ist in der gleichen Weise an dem Basisabschnitt 18a angebracht. Ferner sind auch an der Unterseite des Basisabschnitts 18 in ähnlicher Weise vordere und hintere Wicklungsschutz-Pufferplatten 20, 20 angebracht.

Ferner sind die vier Ankerführungen 21 mit vorbestimmten Abständen voneinander an der Innenfläche des Verbinder 18 befestigt, um die vertikale Hin- und Herbewegung der Anker 8 zu führen (siehe Fig. 7A, 7B). Jede Ankerführung 21 ist aus dem austenitischen rostfreien Stahl gebildet und hat einen Sitzabschnitt, der einen rechteckigen Querschnitt hat, und einen Führungsabschnitt, der integral mit dem Sitzabschnitt ausgebildet ist und im Querschnitt halb-

kreisförmig ist. Die Innenfläche des Verbinder 18 enthält mit vorbestimmten Abständen voneinander vier vertikale Nuten 18f. Der Sitzabschnitt 21a jeder Ankerführung 21 sitzt in der entsprechenden vertikalen Nut 18f, wodurch die Ankerführung 21 an dem Verbinder 18 befestigt ist. In diesem Zustand steht jeder im Querschnitt halbkreisförmige Führungsabschnitt von der Innenfläche des Verbinder 18 zum Anker 8 vor und wird gleichzeitig mit der linken oder rechten Endseite des Ankers 8 in Kontakt gehalten. Somit werden die Anker 8 jeweils durch die entsprechenden Ankerführungen 21 geführt, wenn sie bewegt werden.

In einem Zustand, in dem der obere und der untere Elektromagnet 1b, 1b über den wie oben aufgebauten Verbinder 18 miteinander verbunden sind, ist jede der vier Wicklungen 16 (Spulen 17) vertikal zwischen dem entsprechenden Kern 10 und den entsprechenden Verbinder 18 aufgenommen, wie in Fig. 2 gezeigt, wobei in diesem Zustand der Rand 17a der Spule 17 an der entsprechenden Wicklungsschutz-Pufferplatte 20 anliegt. Das Durchgangsloch 11f jedes Kerns 10 schließt sich vertikal an das Durchgangsloch 18c jedes Verbinder 18 an. Ein nicht gezeigter Bolzen ist in den Zylinderkopf 2 durch diese Löcher 11f, 18c geschraubt, wodurch die Elektromagnete 1b, 1b starr an dem Zylinderkopf 2 befestigt werden.

Wie ferner in den Fig. 8A, 8B gezeigt, sind die vordere (oder hintere) Wicklung 16 und Spule 17 des oberen Elektromagneten 1b und die vordere (oder hintere) Wicklung 16 und Spule 17 des unteren Elektromagneten 1b in Draufsicht an identischer Position vertikal angeordnet. Die zwei Anschlüsse 17c, 17c jeder der zwei Spulen 17 sind mit einem Verbinder 22 verbunden, der allgemein die Form einer rechteckigen Säule hat. Der Verbinder 22 ist aus Kunstharz gebildet und erstreckt sich vertikal.

Eine obere Endseite des Verbinder 22 ist mit vier oberen Sockelöffnungen 22a jeweils in der Form eines nach oben offenen Schlitzes ausgebildet, und seine untere Endseite ist mit zwei unteren Sockelöffnungen 22b, 22b ausgebildet, deren Form zur oberen Sockelöffnung 22a identisch ist. Die zwei unteren Sockelöffnungen 22b, 22b sind in Vorwärts-rückwärts-Richtung parallel einander gegenüberliegend angeordnet und öffnen sich an jeweiligen Stellen nach unten, die den Anschlüssen 17c, 17c entsprechen. Ferner ist in dem unteren Endabschnitt des Verbinder 22 ein Ausschnitt 22d gebildet, der durch Wegschneiden eines Parallelepiped-Abschnitts des Verbinder 22 von dessen Vorderseite her gebildet ist. Eine Oberwand des Ausschnitts 22d ist mit zwei mittleren Sockelöffnungen 22c, 22c ausgebildet. Die mittleren Sockelöffnungen 22c, 22c öffnen sich nach unten und sind in Draufsicht zu den jeweiligen unteren Sockelöffnungen 22b, 22b identisch positioniert. Innerhalb jeder der Sockelöffnungen 22a bis 22c ist ein nicht gezeigter Metallverbinder vorgesehen, der zwei elektrisch leitfähige Metallstreifen aufweist, die sich jeweils vertikal erstrecken und so kombiniert sind, dass deren Fußabschnitte in Kontakt miteinander gehalten werden und ein Abstand zwischen ihnen zu deren Außen- oder Vorderenden hin zunimmt. Die Anschlüsse 17c sind jeweils von dem Metallstreifen eines entsprechenden Metallverbinder 22e in den Sockelöffnungen 22b, 22c aufgenommen.

Die Metallverbinder der zwei vorderen der vier oberen Sockelöffnungen 22a sind elektrisch mit den jeweiligen Metallverbinder der mittleren Sockelöffnungen 22c, 22c verbunden, während die Metallverbinder der hinteren zwei der vier oberen Sockelöffnungen 22a mit den jeweiligen Metallverbinder der unteren Sockelöffnungen 22b, 22b elektrisch verbunden sind. Ferner kommt ein nicht gezeigtes Kabel mit vier Adern von einer nicht gezeigten Steuereinrichtung, und die vier Adern des Kabels sind jeweils in die vier Sockelöff-

nungen 22a eingesteckt, wodurch die vier Wicklungen 16 mit der Steuereinrichtung elektrisch verbunden sind.

Nachfolgend wird der Betrieb des wie oben aufgebauten Solenoid-Aktuators 1 erläutert. In dem Solenoid-Aktuator 1 arbeitet seine vordere Hälfte und seine hintere Hälfte ähnlich, so dass als Beispiel nur der Betrieb der vorderen Hälfte beschrieben wird.

Wenn keiner der oberen und unteren Elektromagneten 1b, 1b erregt ist, wird der vordere Anker 8 durch die oberen und unteren Schraubenfedern 5 und 6 in seiner Neutralstellung zwischen dem oberen und dem unteren Elektromagneten 1b, 1b gehalten. Hier befinden sich die Einlassventile 3 in einer halb geöffneten/geschlossenen Stellung, die nicht gezeigt ist.

Wenn zum Beispiel der untere Elektromagnet 1b in diesem Zustand durch von der Steuereinrichtung zugeführte elektrische Energie erregt wird, wird der Anker 8 von dem unteren Elektromagneten 1b angezogen, wodurch der Anker 8 gegen die Spannkraft der unteren Schraubenfeder 6 zu einer Stelle nach unten bewegt wird, wo er in Anlage mit dem Kern 10 des unteren Elektromagneten 1b gebracht wird (siehe Fig. 10A und 10B). Bei dieser Bewegung des Ankers 8 gleiten die oberen und unteren Schäfte 7, 7 nach unten, wobei sie von den Führungen 12e, 12e des oberen und des unteren Kerns 10, 10 jeweils geführt werden. Hierdurch öffnet das Einlassventil 3 die Einlassöffnung 2a.

Wenn dann die Erregung des unteren Elektromagneten 1b gestoppt wird, bewegt sich der Anker 8 durch die Spannkraft der unteren Schraubenfeder 6 nach oben. Wenn ferner der obere Elektromagnet 1b mit einer vorbestimmten Steuerzeit erregt wird, wird der Anker 8 von dem oberen Elektromagneten 1b angezogen, wodurch der Anker 8 gegen die Spannkraft der oberen Schraubenfeder 5 zu einer Stelle nach oben bewegt wird, wo er in Anlage mit dem Kern 10 des oberen Elektromagneten 1b gebracht wird (siehe den linken Solenoid-Aktuator 1 zum Antrieb der Auslassventile 4 in Fig. 1). Diese Aufwärtsbewegung des Ankers 8 bewirkt, dass das Einlassventil 3 die Einlassöffnung 2a schließt. Nach dem Erregungsstopp des oberen Elektromagneten 1b wird der untere Elektromagnet 1b mit einer vorbestimmten Steuerzeit erregt, damit das Einlassventil 3 die Einlassöffnung 2a öffnet, ähnlich wie oben. Durch Wiederholung dieser Vorgänge bewegt sich der Anker 8 vertikal zwischen dem oberen und dem unteren Elektromagneten 1b, 1b hin und her, um das Einlassventil 3 zu öffnen und zu schließen.

Wenn der obere oder untere Elektromagnet 1b bei Betrieb des Solenoid-Aktuators 1 durch die Wicklung 16 zugeführte elektrische Energie erregt wird, bilden sich zwischen dem Anker 8 und den geschichteten Stapeln 13 des Kerns 10 Magnetkreise. Jede der Kernplatten 14 des geschichteten Stapels 13 ist über ihre gesamte Oberfläche mit dem oben beschriebenen Isolierfilm 14d beschichtet, so dass zwischen dem Anker 8 und jeder Kernplatte 14 ein Magnetkreis gebildet wird, wie in Fig. 9 gezeigt. Insbesondere fließen die Magnetflüsse in die jeweiligen Richtungen, die in der Figur mit den Pfeilen D angegeben sind, und gleichzeitig fließen Wirbelströme in den Richtungen herum, die in der Figur mit dem Doppelpfeil E angegeben sind. Jedoch verhindern die Isolierfilme 14d, dass die Wirbelströme zu den jeweils benachbarten Kernplatten 14 fließen, so dass sie sich in jeder dünnen Kernplatte schnell auflösen können. Daher ist es möglich, einen Kernverlust des Elektromagneten 1b einschließlich eines Wirbelstromverlustes zu reduzieren im Vergleich zu dem Fall, wo ein Kernabschnitt, der dem geschichteten Stapel 13 entspricht, aus einem massiven nicht orientierten Siliciumstahl gebildet ist. Da ferner die zwei Kernhalter 11, 11 an den entgegengesetzten Enden des Kerns 10 jeweils aus dem nicht magnetischen Material ge-

bildet sind, entstehen nicht so leicht Magnetfelder zwischen dem Kern 10 und den weichmagnetischen Komponenten um den Kern 10 herum, während der Solenoid-Aktuator 1 in Betrieb ist, und daher kann der Energieverlust reduziert werden. Diese Merkmale gewährleisten eine hohe Energieeffizienz des Solenoid-Aktuators.

Da ferner die Oberseite 13a jedes geschichteten Stapels 13 um eine vorbestimmte Höhe niedriger ist als die Oberseiten 11d, 12f der jeweiligen Kernhalter 11, 12, wird der Anker 8 nur in Anlage mit den drei Kernhaltern 11, 12, 11 gebracht, wenn der Anker 8 von dem Kern 10 des Elektromagneten 1b angezogen wird, wie in den Fig. 10A, 10B gezeigt, ohne dass der Anker in Kontakt mit den geschichteten Stapeln 13 gebracht wird, so dass der Großteil des Aufschlags, der durch die Anlage des Ankers 8 an dem Kern verursacht wird, von den Kernhaltern 11, 12, 11 aufgenommen werden kann. Ferner sind die Kernplatten 40 in einem derartigen Zustand gestapelt, in dem die Vorsprünge 14e einer Kernplatte 40 in die Vertiefungen 14f der ihr rechts benachbarten nächsten Kernplatte 40 eingesetzt sind, und zusätzlich erstrecken sich die vier Stangen 15 durch die Kernhalter 11, 12, 11 und die geschichteten Stapel 13, wodurch es möglich wird, einen relativen vertikalen Versatz der Kernplatten 14 relativ zueinander aufgrund des Aufschlags durch die Anlage des Ankers 8 an dem Kern 10 zu verhindern. Da ferner die Kernhalter 11, 12 und die Stange 15 aus einem besonders steifen austenitischen rostfreien Stahl gebildet sind, können sie sich auch dann nicht verformen, wenn sie den durch die Anlage des Ankers 8 an dem Kern 10 verursachten Aufschlag aufnehmen. Im Unterschied zu einem herkömmlichen Kern macht es der erfundungsgemäße Kern möglich, einen Bruch jeder Kernplatte 14 zu verhindern, um hierdurch die Haltbarkeit des Kernes 10 trotz dessen mehrschichtiger Struktur zu verhindern, die durch Stapeln der Schicht aus dünnen Kernplatten 14 gebildet ist.

Beim Zusammenbau des geschichteten Stapels 13 können die Vorsprünge 14e und die Vertiefungen 14f der Kernplatten 14 dazu benutzt werden, die Kernplatten 14 relativ zueinander zu positionieren, um hierdurch den Zusammenbau des geschichteten Stapels 13 zu erleichtern. Darüber hinaus ist der Kern 10 gebildet durch starres Verbinden der zwei geschichteten Stapel 13, 13, die jeweils aus der vorbestimmten Anzahl von in Links-rechts-Richtung gestapelten Kernplatten 14 gebildet sind, sowie den linken mittleren und rechten Kernhaltern durch die Stangen 15 derart, dass die zwei geschichteten Stapel 13, 13 sandwichartig zwischen dem linken und mittleren Kernhalter bzw. dem mittleren und rechten Kernhalter aufgenommen sind, so dass der Kern 10 eine einfache Konstruktion haben kann als herkömmliche Ausführungen. Zusätzlich kann eine Kernplatte 14 leicht hergestellt werden, indem man lediglich ein flaches Stahlblech ausspannt. Diese Merkmale tragen zu einer Minderung der Herstellungskosten des Kernes 10 bei.

Obwohl in der obigen Ausführung die Höhe der Kernplatte 14, d. h. die Höhe des geschichteten Stapels 13 um eine vorbestimmte Höhe (z. B. kleiner oder gleich 20 µm) niedriger ausgeführt ist als die der Kernhalter 11, 12, ist die Beziehung zwischen dem geschichteten Stapel 13 und den Kernhaltern 11, 12 bezüglich der Höhe nicht notwendigerweise hierauf beschränkt. Vom Gesichtspunkt, einen Bruch der Kernplatten 14 zu verhindern, kann die Höhe des geschichteten Stapels 13 auch noch niedriger sein als die der Kernhalter 11, 12. Vom Gesichtspunkt der Anziehungskraft und der Energieeffizienz des Kernes ist es bevorzugt, dass die Höhe des geschichteten Stapels 13 näher an die der Kernhalter 11, 12 herankommt, und eine optimale Leistung erhält man, indem man diese Höhen auf einen identischen Wert

setzt, d. h., indem man die oberen Endflächen des geschichteten Stapels und jene der Kernhalter 11, 12 miteinander fließen lässt. Auch in diesem Fall kann ein Teil des Aufstosses der Anlage des Ankers 8 an dem Kern von den Kernhaltern 11, 12 aufgenommen werden, so dass auch bei Verwendung dicker Kernplatten 14 ein Bruch derselben verhindert werden kann, um deren Haltbarkeit zu verbessern.

Obwohl die Kernhalter 11, 12 und die Stangen 15 jeweils aus austenitischem rostfreiem Stahl gebildet sind, ist dies nicht einschränkend, sondern es kann jedes andere nicht magnetische Material benutzt werden, wie etwa Aluminium. Obwohl die Kernplatten 14 hier aus der nicht orientierten Siliciumstahlplatte gebildet sind, ist es ebenfalls nicht einschränkend, sondern es kann jedes andere geeignete weichmagnetische Material benutzt werden, wie etwa eine orientierte Siliciumstahlplatte. Obwohl hier die Kernhalter 11, 12, 11 und die geschichteten Stapel 13 zu einer einheitlichen Anordnung starr verbunden sind, indem die Enden der jeweiligen Stangen 15, die sich durch die drei Kernhalter und die zwei geschichteten Stapel hindurchstrecken, versteckt sind, so ist dies nicht einschränkend, sondern es können auch Bolzen und Muttern oder dgl. verwendet werden, um die Kernhalter 11, 12, 11 und die geschichteten Stapel 13 zu verbinden.

Obwohl in der obigen Ausführung als Beispiel der Anker 8 beschrieben wurde, der durch die oberen und unteren Elektromagneten 1b, 1b zur Hin- und Herbewegung abwechselnd angezogen wird, ist dies nicht einschränkend, sondern der Solenoid-Aktuator kann auch derart konfiguriert sein, dass er z. B. nur einen Elektromagneten und nur eine Schraubenfeder verwendet, um die Hin- und Herbewegung des Ankers 8 zu bewirken. Obwohl der Solenoid-Aktuator 1 hier bei einem Ventilbetätigungsmechanismus der Fahrzeugmaschine angewendet wird, ist dies nicht einschränkend, sondern der Solenoid-Aktuator 1 kann auch bei verschiedenen Antriebseinheiten angewendet werden, einschließlich einer solchen zum Antrieb eines Ventils zum Öffnen und Schließen eines EGR-Rohrs, einer zum Antrieb von Kraftstoffeinspritzventilen oder anderen zum Antrieb verschiedener Arten angetriebener Elemente des Motors.

Es wird ein Kern eines Solenoid-Aktuators vorgeschlagen, der eine verbesserte Haltbarkeit hat und gleichzeitig einen hohen Wirkungsgrad des Solenoid-Aktuators gewährleistet. Der Kern des Solenoid-Aktuators zieht bei Betrieb des Solenoid-Aktuators einen Anker an. Eine Vielzahl von Kernplatten ist aus weichmagnetischem Material gebildet und in einer vorbestimmten Richtung orthogonal zur Anziehungsrichtung des Ankers geschichtet, um einen geschichteten Stapel zu bilden. Bei Betrieb des Solenoid-Aktuators bilden die Kernplatten Magnetkreise zwischen dem Anker und den Kernplatten selbst. Zwei Kernhalter, die aus nicht magnetischem Material gebildet sind, nehmen den geschichteten Stapel der Vielzahl von Kernplatten von entgegengesetzten Seiten entlang der vorbestimmten Richtung auf. Die Vielzahl von Kernplatten ist jeweils mit einem Isolierfilm beschichtet, der jeweils zwei benachbarte Kernplatten von einander isoliert. Ferner hält eine Stange, die aus nicht magnetischem Material gebildet ist, die Vielzahl von Kernplatten und die zwei Kernhalter zu einer einheitlichen Anordnung starr zusammen.

Patentansprüche

- Kern eines Solenoid-Aktuators zum Anziehen eines Ankers (8) bei Betrieb des Solenoid-Aktuators (1), umfassend:
eine Vielzahl von Kernplatten (14), die aus weichmagnetischem Material hergestellt und in einer vorbe-

stimmten Richtung orthogonal zu einer Anziehungsrichtung des Ankers (8) zur Bildung eines geschichteten Stapels (13) gestapelt sind, um bei Betrieb des Solenoid-Aktuators (1) Magnetkreise (D1, D2) zwischen dem Anker (8) und den Kernplatten (14) selbst zu bilden; 5

zwei Kernhalter (11, 12), die aus nicht magnetischem Material gebildet sind und den geschichteten Stapel (13) der Vielzahl von Kernplatten (14) von entgegengesetzten Seiten entlang der vorbestimmten Richtung 10 aufnehmen;

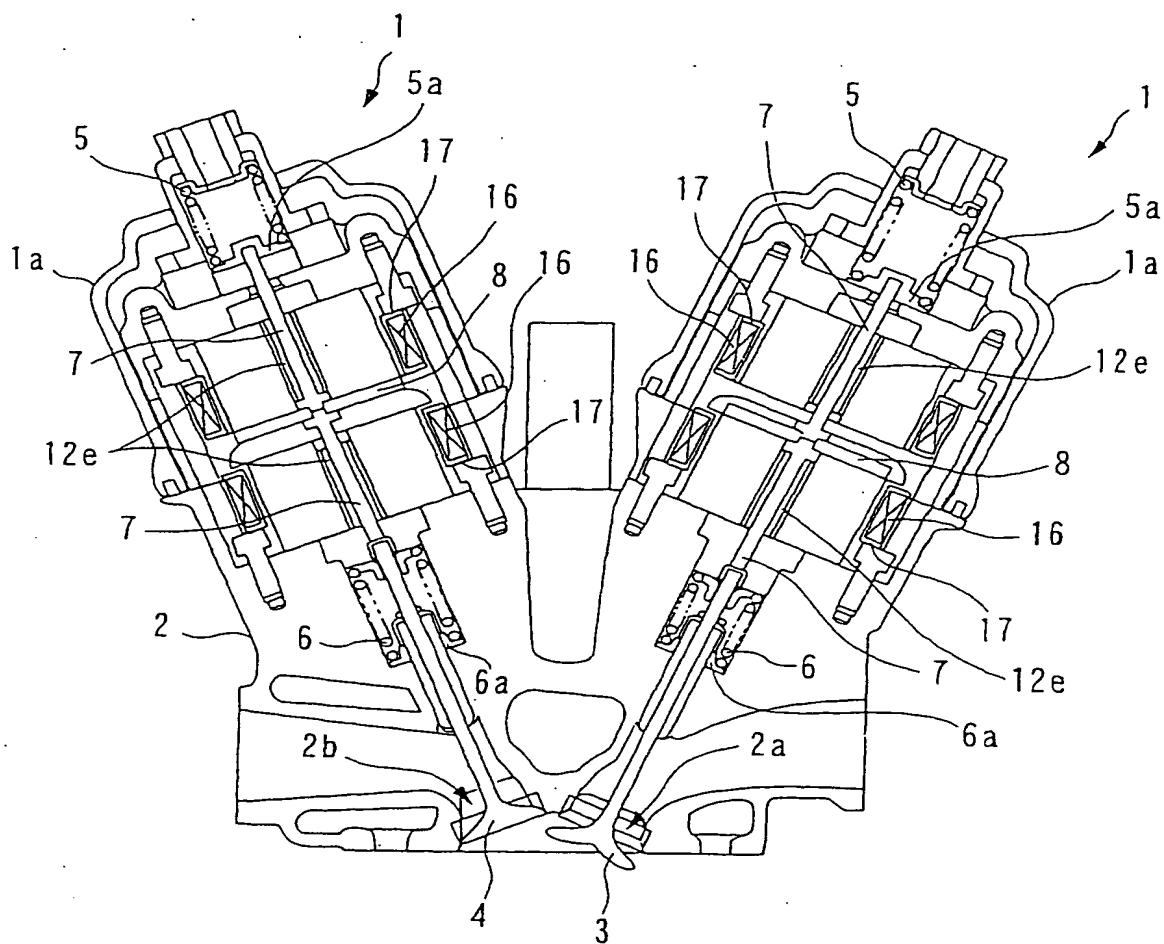
einen Isolator (14d), der zwischen jeweils zwei benachbarten der Vielzahl von Kernplatten (14) angeordnet ist, um die jeweiligen zwei benachbarten Kernplatten (14) voneinander zu isolieren; und 15

Befestigungsmittel (15), die die Vielzahl von Kernplatten (14) und die zwei Kernhalter (11, 12) unter Bildung einer einheitlichen Anordnung starr aneinander sichern.

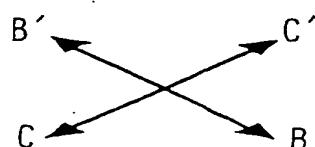
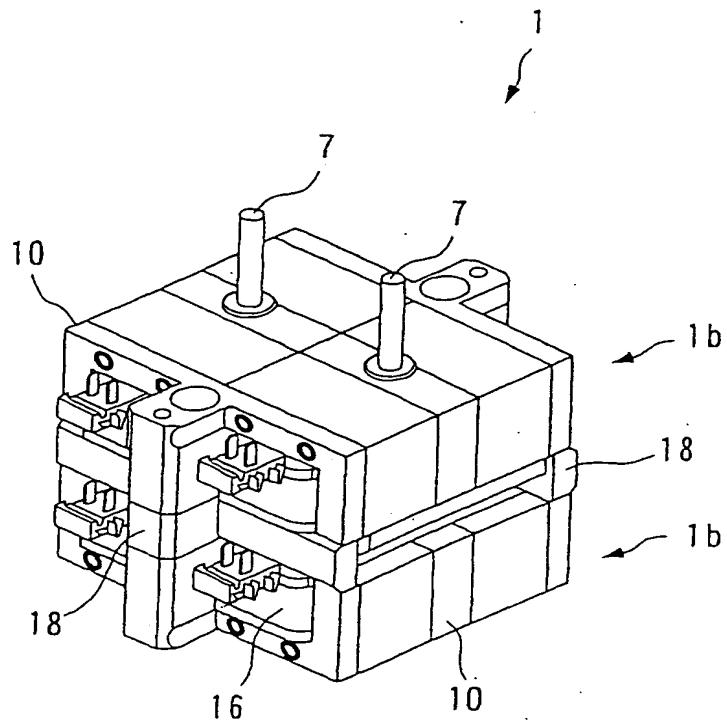
2. Kern eines Solenoid-Aktuators nach Anspruch 1, 20 dadurch gekennzeichnet, dass die zwei Kernhalter (11, 12) Endflächen (11d, 12f) aufweisen, mit denen der von der Vielzahl von Kernplatten (14) angezogene Anker (8) in Anlage gebracht wird, während der Solenoid-Aktuator (1) arbeitet, und wobei die Endflächen (11d, 25 12f) der zwei Kernhalter (11, 12) derart angeordnet sind, dass die Endflächen (11d, 12f) der zwei Kernhalter (11, 12) mit ankerseitigen Endflächen (13a) des geschichteten Stapels (13) der Vielzahl von Kernplatten (14) fluchen oder dem Anker (8) näher sind als die ankerseitigen Endflächen (13a) des geschichteten Stapels 30 (13).

Hierzu 10 Seite(n) Zeichnungen

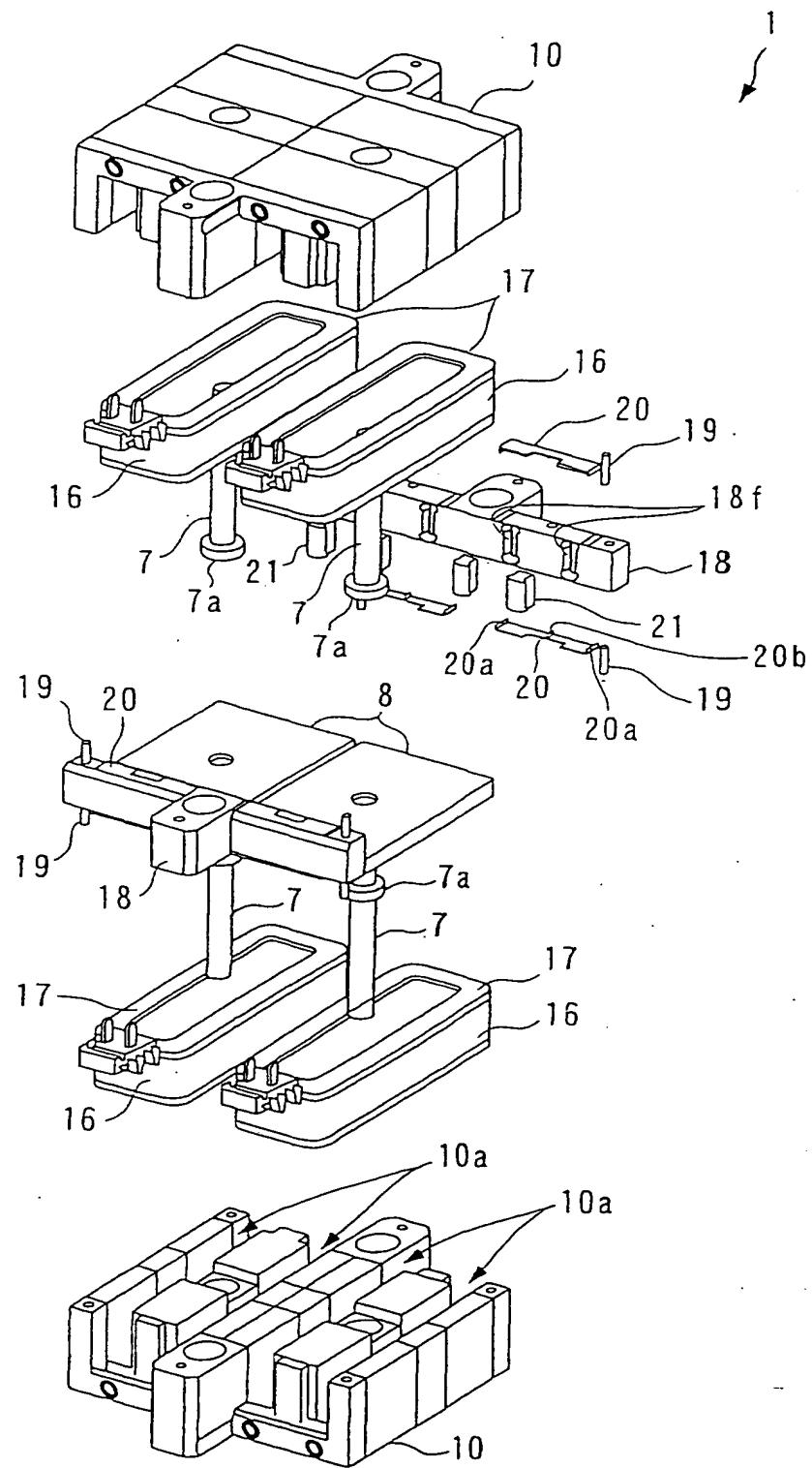
F I G. 1



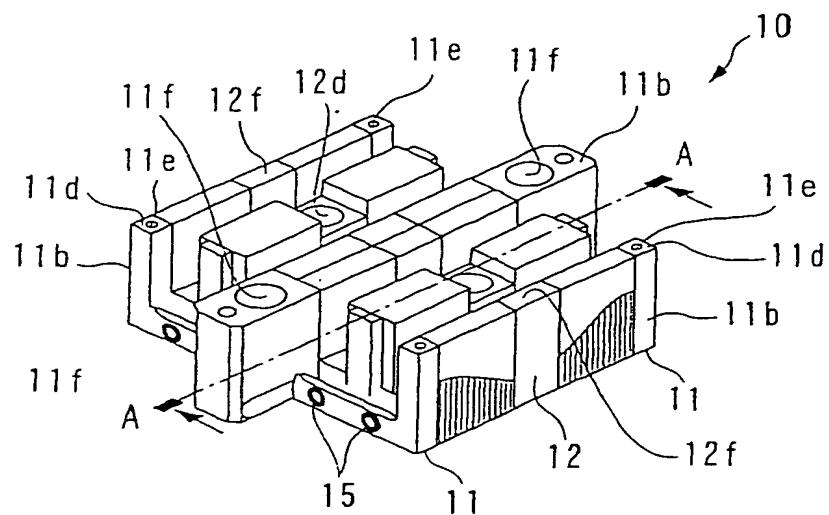
F I G. 2



F I G. 3



F I G. 4 A



F I G. 4 B

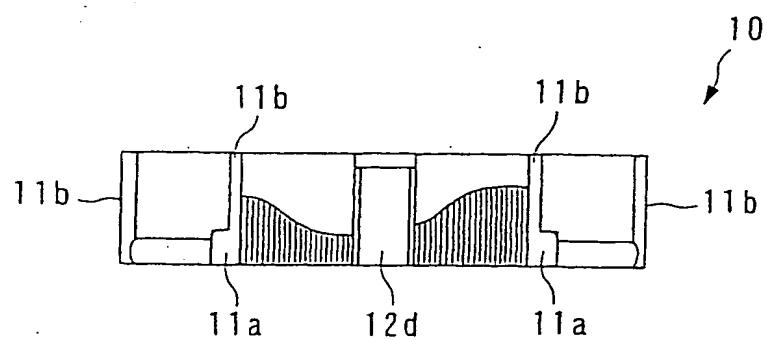


FIG. 5

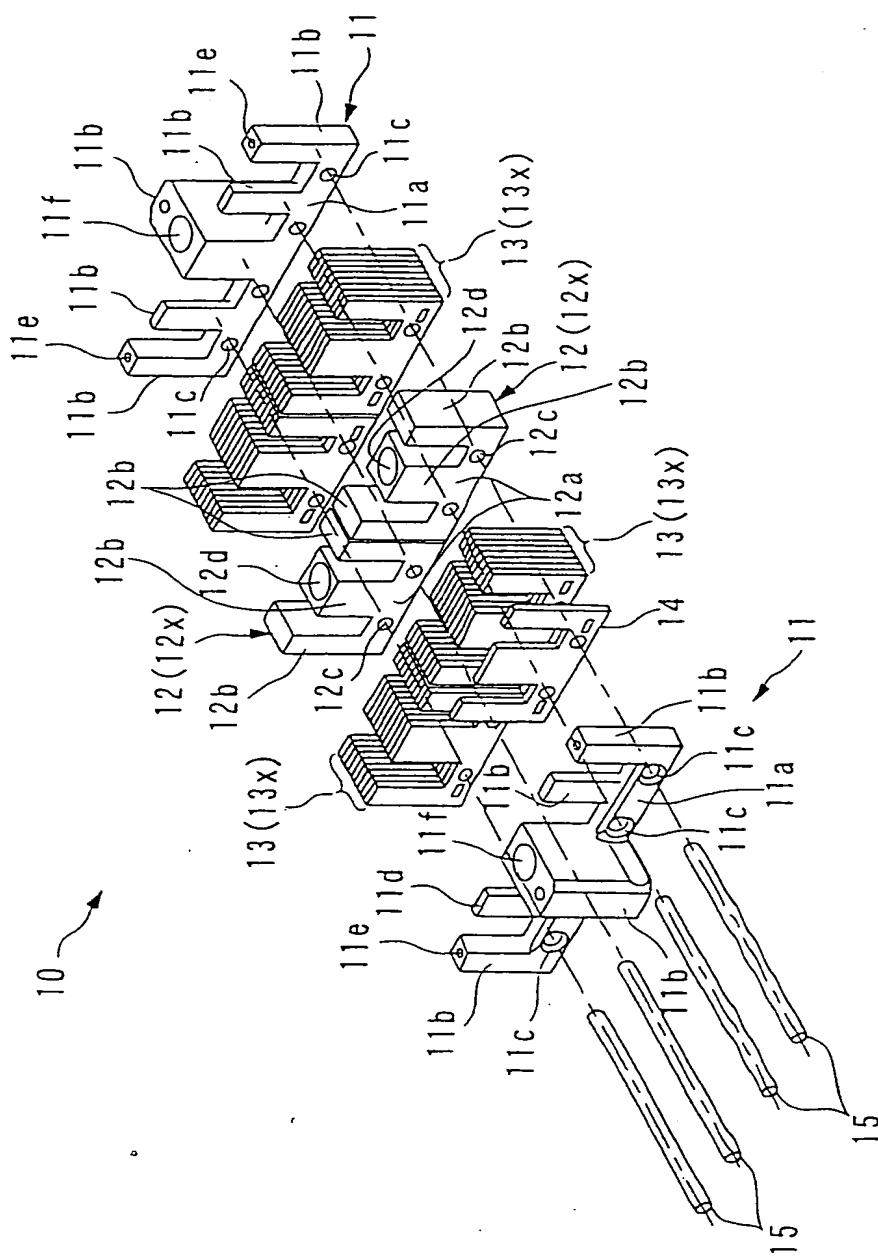


FIG. 6 A

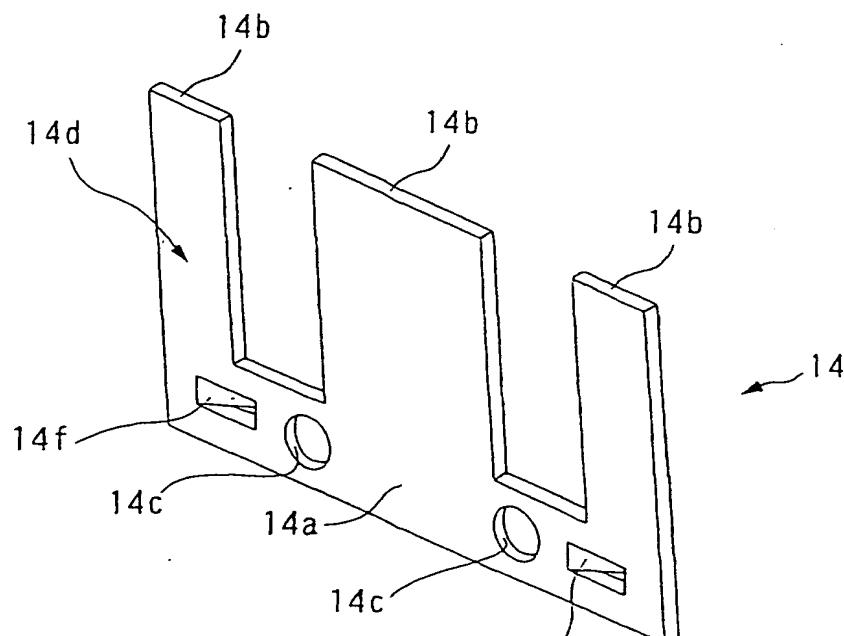


FIG. 6 B

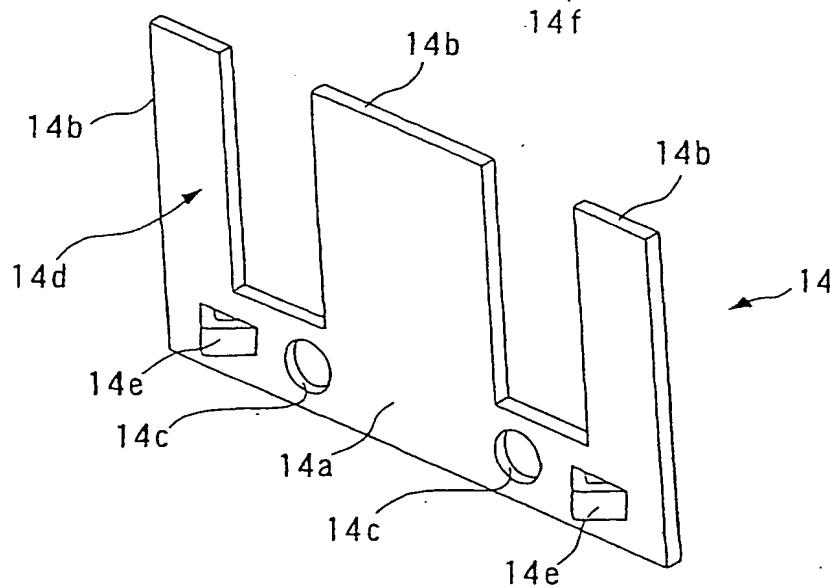


FIG. 6 C

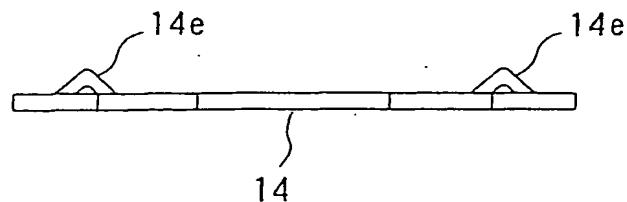


FIG. 7 A

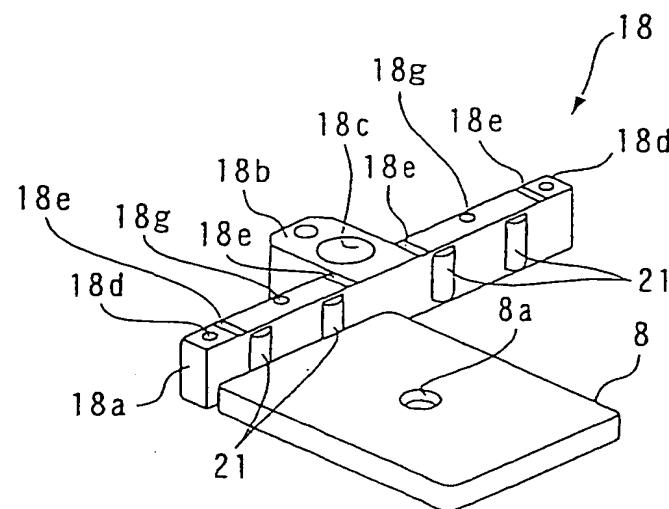


FIG. 7 B

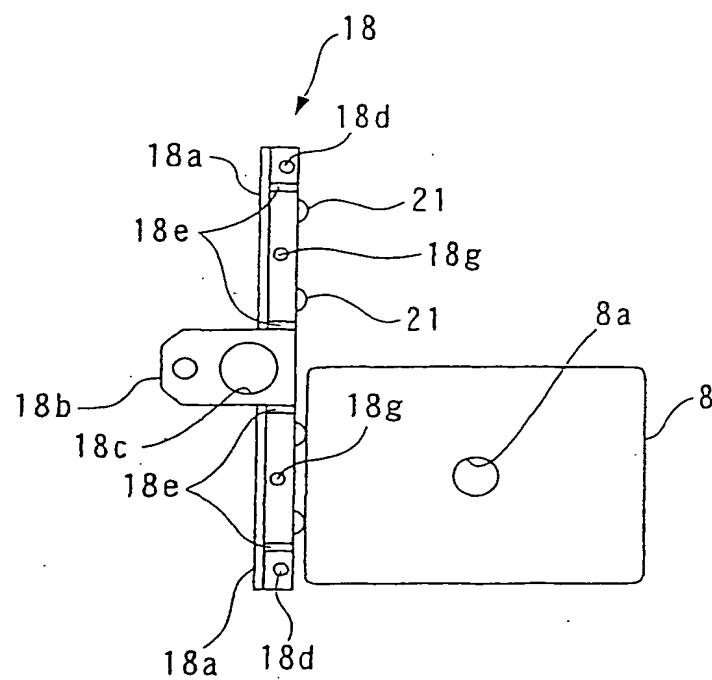


FIG. 8 A

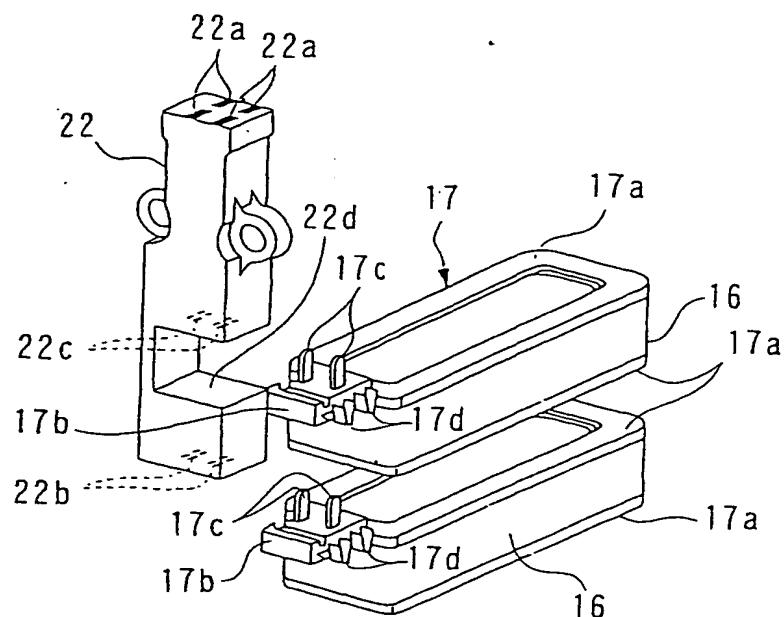
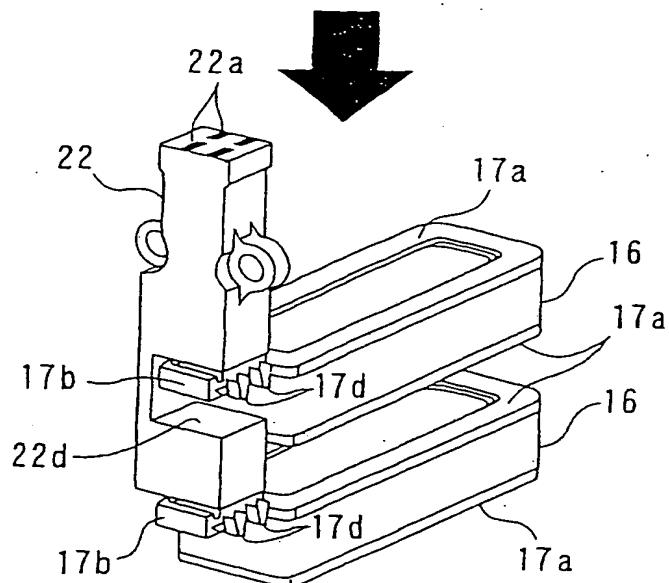


FIG. 8 B



F I G. 9

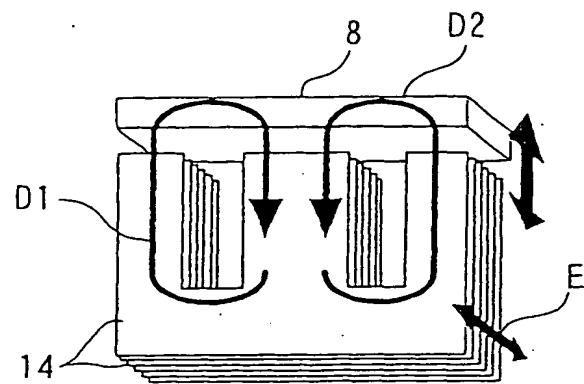


FIG. 10 A

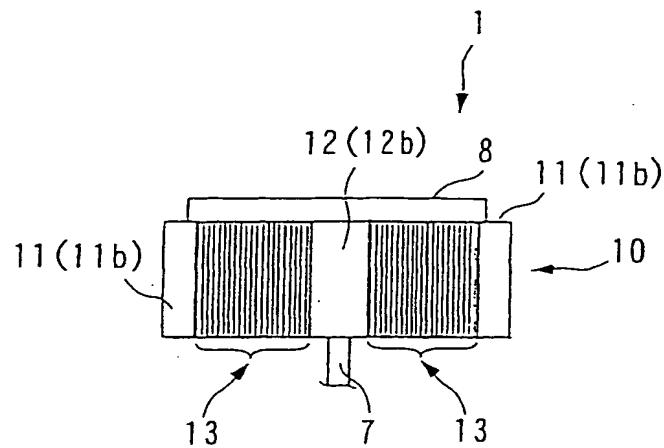


FIG. 10 B

